

中国核工业勘察设计协会文件

核设协[2024]108号

关于中国核工业勘察设计协会立项的团体标准 《核电工程用机械锚栓》公开征求意见的通知

中国核工业勘察设计协会立项的团体标准《核电工程用机械锚栓》已经完成草案编制工作。依照《中国核工业勘察设计协会团体标准管理办法》的相关规定，现面向会员单位和社会广泛征求意见。

烦请相关领域的专家查收《核电工程用机械锚栓》团体标准编写说明（详见附件1）和《核电工程用机械锚栓（征求意见稿）》（详见附件2），并于2024年10月31日前将《征求意见表》（详见附件3）发送至联系人邮箱。

联系人：徐福泉，13311188618，xufuquan@cabrtech.com

感谢对中国核工业勘察设计协会团体标准工作的大力支持！

附件：

1. 《核电工程用机械锚栓》团体标准编写说明
2. 《核电工程用机械锚栓》（征求意见稿）
3. 征求意见表

中国核工业勘察设计协会

2024年9月29日



抄 送：理事长、副理事长、秘书长、副秘书长

中国核工业勘察设计协会秘书处 2024年9月29日印发

附件 1

中国核工业勘察设计协会 《核电工程用机械锚栓》团体标准编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

本文件根据中国核工业勘察设计协会印发《关于〈核工程三维地质建模技术规程〉等 19 项团体标准拟立项的通知》（核设协 [2023] 235 号文）文件要求，由中国核工业勘察设计协会核工业结构专业委员会组织中建研科技股份有限公司会同有关单位共同起草。

1.2 编制目的和意义

国外对后锚固技术的研究较早，有完善的认证评估标准体系，相应设计要求已经完全纳入混凝土结构的设计标准中。我国后锚固相关技术及产品一直处于追赶阶段。目前，现有标准已经基本能够满足常规建筑领域的后锚固技术应用的需求，但是，在核电领域还存在一定问题。

通过编制核电工程用机械锚栓标准，系统分析和梳理核电工程用机械锚栓性能指标要求，将完善我国核工业领域后锚固技术标准体系，为机械锚栓产品开发和应用提供指导和依据，可节约核电建设成本，应用前景广阔，经济及社会价值极高，对于核电行业的可持续发展至关重要。

1.3 主要工作过程

任务确定后，由中建研科技股份有限公司成立标准编制工作组，认真研究和组织该文件起草工作。

2024 年 2 月，标准编制工作组讨论标准编制大纲，并于 2024 年 4 月 8 日上报协会平台。

2024 年 4 月 16 日，标准编制工作组根据大纲评审专家的书面审查意见，修改编制大纲相关内容。

2024年4月25日，通过专家编制大纲评审会审查。

2024年5月起，搜集各参编单位具体意见和建议、相关资料，针对专题问题，于2024年5月15日、6月14日、7月5日、8月13日~14日，多次召开编制组工作会议。

2024年9月29日完成团标征求意见稿。

1.4 主要参编单位及主要起草人员

本标准起草单位由长期从事建筑工程设计、施工、检测、研究与高校等单位，锚栓锚固及材料研究、生产单位组成。编制团队拥有国内知名的结构工程、机械制造、检测评定专家，在混凝土结构和后锚固领域拥有丰富的研究和实践经验。

本标准起草单位（排名不分先后）：中建研科技股份有限公司、天津大学、桂林理工大学、中国核电工程有限公司、中广核工程有限公司、上海核工程研究设计院股份有限公司、中核华辰建筑工程有限公司、宁波必固得金属科技有限公司、北京雄杰方业建筑技术发展有限责任公司、喜利得（中国）商贸有限公司、慧鱼（太仓）建筑锚栓有限公司、河北众焱核电装备有限公司、苏州茂隆电梯配件有限公司、河北固耐安工业股份有限公司、浙江核通金属工业有限公司、宁波市圣钢科技发展有限公司、中国建筑科学研究院有限公司、建研院检测中心有限公司、济南力支测试系统有限公司、北京中昊力王锚固技术有限公司、南京曼卡特科技有限公司、中国国检测试控股集团股份有限公司、浙江翔锐机电有限公司、法施达（大连）实业集团有限公司、伍尔特（重庆）五金工具有限公司。

本标准主要起草人（排名不分先后）：徐福泉、刘琪、邵康节、张昊辰、谢剑、朱万旭、赵振晖、隋春光、牛艳颖、刘敏、徐国祯、冉小兵、丁彦虎、王傲松、倪南、李成、陈金、马瑛轩、宋玉胜、运广辉、刘兵、刘杰萍、李良玉、刘义、马春霞、钱东海、徐宝余、陈兆华、王春华、孙新波、刘平原、佟晓超、杨波、罗洪伯、房文平、任建兴、臧凡、周俊钧、蔡雪梅。

二、标准编制原则和主要内容

2.1 标准编制原则

广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家标准和国外先进标准，广泛征求意见，力争制定出一本国内领先水平的、具有核工程特色的基础性工程技术标准呢。

本文件作为团体标准，编制过程遵循开放、透明、公平的原则，充分反映设计、施工、监理、业主、产品技术提供单位等各方面的共同需求。

2.2 标准主要内容

2.2.1 前言

介绍本文件编制的基本情况、主要技术内容、编制单位、起草人员及审查人员。

2.2.2 范围

本文件规定了以混凝土为基材的核安全相关结构用机械锚栓的分类和标记、材料要求、性能要求、试验方法、检验规则、标志、产品说明书，包装、运输及贮存、质保要求。

本文件适用于强度等级为 C25~C60 的混凝土内锚固的机械锚栓。

2.2.3 规范性引用文件

介绍本文件中的规范性引用文件，包括“GB/T 193 普通螺纹 直径与螺距系列”、“GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸”、“GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法”等 24 个引用文件。

2.2.4 术语和符号

规定了机械锚栓及混凝土的相关术语及符号定义。包括机械锚栓、膨胀锚栓、扩底锚栓、模扩底锚栓、自扩底锚栓、自攻螺栓、安装扭矩等 15 个术语定义及 28 个符号定义。

2.2.5 分类和标记

规定了机械锚栓按锚固方式及抗震性能的分类及标记方式。

2.2.6 材料要求

规定了锚栓主要受力部件、螺杆和螺母的载荷性能、螺杆和螺母的螺纹尺寸及公差、锚栓外径与钻头直径等要求。

2.2.7 性能要求

规定了锚栓基本锚固性能、最小边间距试验、疲劳试验、抗冲击试验等性能要求。

2.2.8 试验方法

介绍了各类锚栓的多项试验规定。

2.2.9 检验规则

规定了机械锚栓制造过程检验、出厂检验、型式检验、组批检验等各项检验规则。

2.2.10 标志、产品说明书

规定了锚栓在主要受力部件显著位置上应有清晰的永久标志及埋入深度标识。

规定了锚栓说明书应提供产品型号、等级、锚固性能参数及安装数据等具体说明。

2.2.11 包装、运输和贮存

规定了锚栓产品的包装、运输及贮存的要求。

2.2.12 质保要求

规定了机械锚栓厂家提供的质保文件、制造商各生产环节的质保记录等要求。

2.2.13 附录

附录 A（资料性）：锚栓类型和锚固破坏形式示例。

附录 B（规范性）：疲劳性能试验。

附录 C（规范性）：膨胀锚栓、扩底锚栓安装工艺敏感性试验方法和要求。

附录 D（规范性）：抗冲击性能试验。

附录 E（规范性）：SC1 类锚栓的抗震性能试验。

附录 F（资料性）：机械锚栓认证报告。

三、标准中涉及专利的情况

经多方查询，本文件未检索到相应的专利。

四、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本标准的编制将完善我国现有的后锚固技术和标准体系，对保障和提高工程建设质量，促进新技术、新产品、新工艺的应用起到积极作用。根据中国核能行业协会发布的《中国核能年度发展与展望(2020)》，到 2035 年在运和在建核电装机容量合计将达到 2 亿千瓦。按照每台核电机组 120 万千瓦装机容量测算，预计 2023-2035 年间每年核准机组将在 10 台左右。据不完全统计每核电机组锚栓产品价格约 3000 万元人民币，市场规模在 3 亿元/年。在核电厂建造过程中，尤其核电站核岛厂房用机械锚栓锚固技术，由于核电建设安全等级的特殊性，对机械锚栓产品性能、制作原材料及体系认证均提出很高要求，当前国内核电工程用机械锚固产品基本采用国外的认证体系，核电建设核心技术关系国家安全和“走出去”战略，编制核电用机械锚栓标准，对于降低我国核电建设成本，促进核电建设发展，支撑我国核电工程“走出去”战略意义重大。

五、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准编制主要依据 JGJ 145—2013 《混凝土结构后锚固技术规程》、JG/T 160-2017 《混凝土用机械锚栓》、Q/CNCC JE 7-2017 中国核工业集团公司企业标准 《核电厂用机械锚栓》、Q/CNPE. J104.61-2017 中国核电工程有限公司标准 《机械锚栓采购技术要求》、NB/T 20414-2017 《核电厂核安全相关混凝土结构后锚固技术规程》、EAD-330232-01-0601 《混凝土用机械锚栓》、ACI 355.2 《混凝土后锚固机械锚栓质量》、AC193-《机

械锚栓验收标准》、EAD 330250-00-0601 《疲劳循环荷载作用下混凝土后安装紧固件》等国家、行业标准以及核电项目有关锚栓的技术要求进行编制。

本文件与法律、法规、规章及现行标准的协调性不存在冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无重大分歧意见。

七、标准性质的建议说明

本文件未自愿性标准。

八、贯彻标准的要求和措施建议

建议各核电工程设计、施工单位采纳本标准并引用至设计、施工文件中。

九、废止现行相关标准的建议

无。

十、必要专利信息披露情况说明

无。

十一、其他应予说明的事项

无。

《核电工程用机械锚栓》团标编写组

2024年9月29日

ICS 93.01

CCS P25

团 体 标 准

T/CNIDA ***—2024

核电工程用机械锚栓

Mechanical anchors for use in nuclear power engineering

(征求意见稿)

2024—**—**发布

2024—**—**实施

目 次

前言.....	I
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和符号.....	4
4 分类和标记.....	6
5 材料要求.....	6
6 性能要求.....	7
7 试验方法.....	11
8 检验规则.....	11
9 标志、产品说明书.....	13
10 包装、运输和贮存.....	14
11 质保要求.....	14
附录 A（资料性）锚栓类型和锚固破坏形式示例.....	15
附录 B（规范性）疲劳性能试验.....	20
附录 C（规范性）膨胀锚栓、扩底锚栓安装工艺敏感性试验方法和要求.....	21
附录 D（规范性）抗冲击性能试验.....	23
附录 E（规范性）SC1 类锚栓的抗震性能试验.....	25
附录 F（资料性）机械锚栓认证报告.....	27

前 言

根据中国核工业勘察设计协会《关于〈核工程三维地质建模技术规程〉等 19 项团体标准立项的通知》(核设协(2023)239 号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国家标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本文件。

本文件的主要技术内容是:范围、术语和符号、分类和标记、材料要求、性能要求、试验方法、检验规则、标志、产品说明书、包装、运输和贮存、质保要求。

在核电工程用机械锚栓应用相关活动中使用本文件时,必须遵守所有适用的国家法律、法规和强制性标准。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核工业勘察设计协会提出并归口。

本文件由中建研科技股份有限公司会同有关单位编制完成并负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中建研科技股份有限公司(地址:北京市朝阳区北三环东路 30 号;邮政编码:100013)。

本文件主编单位:中建研科技股份有限公司

本文件参编单位:

本文件主要起草人员:

本文件主要审查人员:

核电工程用机械锚栓

1 范围

本文件规定了以混凝土为基材的核安全相关结构用机械锚栓的分类和标记、材料要求、性能要求、试验方法、检验规则、标志、产品说明书，包装、运输及贮存、质保要求。

本文件适用于强度等级为 C25~C60 的混凝土内锚固的机械锚栓。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 193 普通螺纹 直径与螺距系列
- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB/T 197 普通螺纹 公差
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3098.2 紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹
- GB/T 3098.6 紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3098.15 紧固件机械性能 不锈钢螺母
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- GB/T 5267.1 紧固件 电镀层
- GB/T 5267.3 紧固件 热浸镀锌层
- GB/T 9799 金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层
- GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法
- GB/T 19292.2 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 腐蚀等级的指导值
- GB/T 19355.1 锌覆盖层 钢铁结构防腐的指南和建议 第1部分：设计与防腐蚀的基本原则
- GB/T 19355.2 锌覆盖层 钢铁结构防腐的指南和建议 第2部分：热浸镀锌

GB/T 19355.3 锌覆盖层 钢铁结构防腐的指南和建议 第3部分：粉末渗锌

GB/T 25672 电锤钻和套式电锤钻

GB/T 31303 奥氏体-铁素体型双相不锈钢棒

JG/T 160 混凝土用机械锚栓

3 术语和符号

下列术语和符号适用于本文件。

3.1 术语

3.1.1

机械锚栓 mechanical anchors

利用锚栓与钻孔之间的摩擦作用或锁键作用锚固在混凝土基材上的组件，主要受力部件由金属材料制造的紧固件（螺杆、螺母、垫片）、锥头、扩张件（扩张套管或扩张片）等组成。

3.1.2

膨胀锚栓 expansion anchors

施加扭矩或施加敲击力使扩张件胀开挤压孔壁产生摩擦效应，以摩擦力为主要锚固力的锚栓。参见附录A图A.1。

3.1.3

扩底锚栓 undercut anchors

使用专用模具钻头或锚栓扩张件上的硬质刀刃，在直孔的一定深度进行扩孔，施加扭矩或施加敲击力使扩张件嵌入扩孔中形成锁键，以机械啮合力为主要锚固力的锚栓。

3.1.3.1

模扩底锚栓 pre-drilled undercut anchors

用专用模具钻头预先扩孔再安装的扩底锚栓。参见附录A图A.2。

3.1.3.2

自扩底锚栓 self-cutting undercut anchors

锚栓扩张件上带有硬质刀刃，安装锚栓的同时完成扩孔和扩张件嵌入的扩底锚栓。参见附录A图A.3、附录A图A.4。

3.1.4

自攻锚栓 screw anchors

在拧入钻孔过程中通过自带硬质螺纹切削嵌入孔壁的锚栓。参见附录A图A.5。

3.1.5

安装扭矩 installation torque

安装锚栓所需的拧紧扭矩。

3.1.6

安装位移 installation displacement

安装锚栓所需的敲击位移。

3.1.7

扭矩控制 torque control

对锚栓螺杆、螺母或套管施加扭矩的锚栓安装方式。

3.1.8

位移控制 **displacement control**

对锚栓锥头或套管施加敲击力的锚栓安装方式。

3.1.9

锚固作用区 **anchorage zone**

在混凝土中由锚栓传递外部荷载的作用区域。

3.1.10

混凝土锥体破坏 **concrete cone failure**

在拉力作用下，锚固作用区内形成以锚栓为轴心的混凝土锥形的破坏形式。参见附录 A 图 A.6。

3.1.11

拔出破坏 **anchor pull-out failure**

在拉力作用下，锚栓向混凝土表面滑移，最终锚栓整体或部分拔出，或在较浅的位置形成类似混凝土锥形的破坏形式。参见附录 A 图 A.7。

3.1.12

锚栓钢材破坏 **anchor steel failure**

在拉力或剪力作用下，锚栓金属组件断裂的破坏形式。参见附录 A 图 A.8。

3.1.13

混凝土劈裂破坏 **concrete splitting failure**

在拉力作用下，混凝土沿单个锚栓轴线垂线或多个锚栓轴线公垂线裂开的破坏形式。参见附录 A 图 A.9。

3.1.14

混凝土边缘破坏 **concrete edge failure**

在拉力作用下，混凝土边缘形成半锥形的破坏形式；或在剪力作用下，混凝土边缘沿剪力方向形成半锥形的破坏形式。参见附录 A 图 A.9。

3.1.15

混凝土剪撬破坏 **concrete pry-out failure**

在剪力作用下，基材混凝土沿反方向被锚栓撬坏。

3.2 符号

A_s ——锚栓螺杆受拉破坏部位公称截面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）；

A_{sv} ——锚栓受剪部位公称截面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）；

$A_{sv,b}$ ——锚栓受剪部位螺杆公称截面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）；

$A_{sv,s}$ ——锚栓受剪部位套管公称截面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）；

c ——系数（常数）；

d_m ——试验用钻头中等直径，单位为毫米（ mm ）；

d_{\max} ——试验用钻头最大直径，单位为毫米（ mm ）；

f_{cu} ——混凝土立方体抗压强度实测值，单位为兆帕（ MPa ）；

h_{ef} ——有效锚固深度，即混凝土表面到锚固作用点距离，参见附录 A.1，单位为毫米（ mm ）；

N ——拉伸荷载，单位为牛（ N ）；

N_1 ——滑移荷载，单位为牛（ N ）；

N_{Rk} ——抗拉承载力标准值，单位为牛（ N ）；

$N_{Ru,m}$ ——抗拉承载力平均值，单位为牛（N）；
 $N_{Ru,s}$ ——锚栓螺杆钢材抗拉承载力，单位为牛（N）；
 $R_{m,min}$ ——锚栓螺杆钢材的最小抗拉强度，单位为兆帕（MPa）；
 $R_{m,s}$ ——套管钢材抗拉强度，单位为兆帕（MPa）。
 T ——扭矩极限实测值，单位为牛米（N·m）；
 T_{inst} ——产品说明书要求的锚栓安装扭矩，单位为牛米（N·m）；
 $V_{Ru,s}$ ——锚栓钢材抗剪承载力，单位为牛（N）；
 γ_{min} ——试验样品中滑移系数的最小值；
 Δw ——裂缝宽度，单位为毫米（mm）；
 Δw_1 ——相对裂缝宽度上限，单位为毫米（mm）；
 Δw_2 ——相对裂缝宽度下限，单位为毫米（mm）；
 δ_m ——抗震性能专项试验循环过程中锚栓位移，单位为毫米（mm）；
 η ——径向力系数；
 v_N ——抗拉承载力变异系数；
 v_V ——抗剪承载力变异系数；
 v_β ——抗拉刚度变异系数。

4 分类和标记

4.1 分类

4.1.1 按锚固方式可分为：

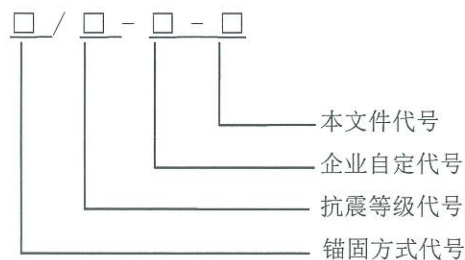
- a) 膨胀锚栓，代号 MP；
- b) 扩底锚栓，代号 MK。扩底锚栓按构造和安装工艺又可分为模扩底锚栓和自扩底锚栓，代号 MKM 和 MKZ；
- c) 自攻锚栓，代号 MZ。

4.1.2 按抗震性能可分为：

- a) 抗震一级锚栓，代号 SC1，锚栓的抗震性能试验对应 0.5mm 裂缝宽度；
- b) 抗震二级锚栓，代号 SC2，锚栓的抗震性能试验对应 0.8mm 裂缝宽度。

4.2 标记

机械锚栓应按以下方式标记：



示例：

适用于抗震一级锚栓的扩底锚栓，标记为：MK/SC1- 企业自定代号 - T/CNIDA XXX-202X。

5 材料要求

5.1 锚栓主要受力部件应由碳素结构钢、优质碳素结构钢、合金结构钢或不锈钢制造，原材料的化学成分和力学性能应符合 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 3077、GB/T 1220、GB/T 4237、GB/T 14975 和 GB/T 31303 的规定。

5.2 锚栓螺杆的最小拉力载荷性能和螺母的保证载荷性能应符合 GB/T 3098.1、GB/T 3098.2、GB/T 3098.6、GB/T 3098.15 的规定，且拉力载荷变异系数不应大于 0.05。

5.3 锚栓螺杆、螺母的螺纹尺寸、公差应符合 GB/T 193、GB/T 196 和 GB/T 197 的规定，其它部件的尺寸、形位公差及粗糙度应符合产品设计图纸的规定。

5.4 锚栓外径应与钻头公称直径相匹配。

5.5 碳素结构钢、优质碳素结构钢、合金结构钢零件表面应根据使用环境进行防腐处理，按 GB/T 19292.2 和 GB/T 19355.1 规定的锌覆盖层腐蚀等级确定锌覆盖层厚度。电镀锌应符合 GB/T 5267.1、GB/T 9799 的规定；热浸镀锌应符合 GB/T 5267.3、GB/T 13912 和 GB/T 19355.2 的规定；粉末渗锌应符合 GB/T 19355.3 和 JB/T 5067 的规定。

5.6 采用碳素结构钢、优质碳素结构钢、合金结构钢制作的锚栓螺杆，应满足恒温-20°C 条件下的冲击性能要求，应符合 GB/T 3098.1 的规定。

6 性能要求

6.1 基本锚固性能

SC1 类锚栓的锚固性能应符合表 1 的规定；SC2 类锚栓的锚固性能应符合表 2 的规定。

表 1 SC1 类锚栓锚固性能要求

序号	锚固性能项目	破坏形式	性能指标	适用锚栓类别
1	非开裂混凝土上 拉伸基准试验性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.80$	SC1
		其它破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 13.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 10.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.15$ $v_\beta \leq 0.30$ $\gamma_{min} \geq 0.80$	
2	非开裂混凝土上 剪切基准试验性能	钢材破坏	$V_{Ru,s} \geq 0.6 A_s R_{m,min}$ $v_v \leq 0.15$	SC1
3	0.3mm 开裂混凝土上 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.70$	SC1
		其它破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 9.2 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 7.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$	

			$v_N \leq 0.15$ $v_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$	
4	0.3mm 开裂混凝土上 剪切性能	钢材破坏	$V_{Ru,s} \geq 0.6A_{sv}R_{m,\min}$ $v_v \leq 0.15$	SC1
5	混凝土强度适应性	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,\min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$	SC1
		其它破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 7.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 5.7 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.20$ $v_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$	
6	极限安装扭矩性能	—	$T \geq 1.3T_{\text{inst}}$ 螺杆不屈服, 螺母可正常拧松	SC1
7	裂缝往复开合 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,\min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$ 锚栓位移: 第 20 次循环不大于 2.0mm, 且第 1000 次循环不大于 3.0mm	SC1
		其它破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 8.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 6.4 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.20$ $v_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$ 锚栓位移: 第 20 次循环不大于 2.0mm, 且第 1000 次循环不大于 3.0mm	
8	低周反复拉力荷载性 能试验 ^a	钢材破坏	$N_{Ru,m} \geq 0.8 A_s R_{m,\min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$	SC1
		其它破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 7.4 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.20$ $v_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$?
9	低周反复剪力荷载性 能试验 ^a		$V_{Ru,s} \geq 0.48 A_{sv} R_{m,\min}$ $v_v \leq 0.15$ $\delta_m \leq 7.0\text{mm}$	SC1
注 1: A_s 取值: 当锚栓破坏位置为螺纹时, 按 GB/T 3098.1 取值, 其它部位应由生产企业提供或测量确定。 $R_{m,\min}$ 按 GB/T 3098.1 取值。 注 2: “其它破坏形式”包括混凝土锥体破坏和拔出破坏。				

注 3: 剪切性能测试时, 如果剪切截面包含锚栓外套管, 则表中 $A_s R_{m, \min}$ 改为 $A_{s, v, l} R_{m, \min} + A_{s, v, s} R_{m, s}$, 套管有效抗剪截面积和套管钢材抗拉强度由生产企业提供或测量确定。

^a 低周反复拉力荷载性能试验及低周反复剪力荷载性能试验是 SC1 级锚栓的抗震性能试验。

表 2 SC2 类锚栓锚固性能要求

序号	锚固性能项目	破坏形式	性能指标	适用锚栓类别
1	非开裂混凝土上 拉伸基准试验性能	钢材破坏	$N_{Ru, s} \geq A_s R_{m, \min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{\min} \geq 0.80$	SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru, m} \geq 13.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 10.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.15$ $v_\beta \leq 0.30$ $\gamma_{\min} \geq 0.80$	
2	非开裂混凝土上 剪切基准试验性能	钢材破坏	$V_{Ru, s} \geq 0.6 A_{s, v} R_{m, \min}$ $v_v \leq 0.15$	SC2
3	0.3mm 开裂混凝土上 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru, s} \geq A_s R_{m, \min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$	SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru, m} \geq 9.2 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 7.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.15$ $v_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$	
4	0.3mm 开裂混凝土上 剪切性能	钢材破坏	$V_{Ru, s} \geq 0.6 A_{s, v} R_{m, \min}$ $v_v \leq 0.15$	SC2
5	混凝土强度适应性	钢材破坏	$N_{Ru, s} \geq A_s R_{m, \min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$	SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru, m} \geq 7.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 5.7 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.20$ $v_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$	
6	极限安装扭矩性能	—	$T \geq 1.3 T_{inst}$ 螺杆不屈服, 螺母可正常拧松	SC2
7	裂缝往复开合 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru, s} \geq A_s R_{m, \min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{\min} \geq 0.70$	SC2

			锚栓位移: 第 20 次循环不大于 2.0mm, 且第 1000 次循环不大于 3.0mm	
		其它破坏形式	$N_{Rk,m} \geq 8.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 6.4 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.20$ $v_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ 锚栓位移: 第 20 次循环不大于 2.0mm, 且第 1000 次循环不大于 3.0mm	
8	0.8mm 开裂混凝土上 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.70$	SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 5.9 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.20$ $v_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$	
9	0.8mm 开裂混凝土上 剪切性能	钢材破坏	$V_{Ru,s} \geq 0.48 A_{sv} R_{m,min}$ $v_v \leq 0.15$	SC2
10	变幅脉动 拉伸荷载性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ $\delta_m \leq 7.0mm$	SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 5.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.20$ $v_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ $\delta_m \leq 7.0mm$	
11	变幅往复 剪切荷载性能	钢材破坏	$V_{Ru,s} \geq 0.46 A_{sv} R_{m,min}$ $v_v \leq 0.15$ $\delta_m \leq 7.0mm$	SC2
12	裂缝变幅往复开合 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $v_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ $\delta_m \leq 7.0mm$	SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 5.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $v_N \leq 0.20$ $v_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ $\delta_m \leq 7.0mm$	
注 1: A_s 取值: 当锚栓破坏位置为螺纹时, 按 GB/T 3098.1 取值, 其它部位应由生产企业提供或测量确定。				

$R_{m,min}$ 按 GB/T 3098.1 取值。

注 2: “其它破坏形式”包括混凝土锥体破坏和拔出破坏。

注 3: 剪切性能测试时, 如果剪切截面包含锚栓外套管, 则表中 $A_{sv}R_{m,min}$ 改为 $A_{sv,b}R_{m,min}+A_{sv,s}R_{m,s}$, 套管有效抗剪截面积和套管钢材抗拉强度由生产企业提供或测量确定。

6.2 最小边间距试验

当工程有要求时, 应对锚栓进行拉伸劈裂边距、最小边距和最小间距三个锚栓边界参数试验, 试验方法应符合 JG/T 160 的规定。

6.3 疲劳性能试验

当锚栓受长期反复荷载作用, 且最大轴向荷载不小于被锚固物所受预压力的 50% 时, 应进行疲劳性能试验, 试验方法见附录 B。锚栓位移增量应随试验进程趋于 0; 剩余承载力平均值不应低于同强度非开裂混凝土上拉伸基准试验测得的承载力平均值的 80%; v_N 不大于 0.20; γ_{min} 不小于 0.80。

6.4 安装工艺敏感性试验

应通过试验确定锚栓对安装工艺偏差的敏感程度, 膨胀锚栓及扩底锚栓应符合附录 C 的规定。

6.5 抗冲击性能试验

锚栓应进行抗冲击性能试验, 试验方法见附录 D。试验结果应符合下列规定:

- 当测试数量为 14 时, 不应发生拔出破坏; 当测试数量为 34 时, 允许一个试件发生拔出破坏;
- 第一次冲击特征位移 (第一冲击载荷引起的 5% 分位点的位移值) 应小于 10mm, 标准偏差应小于 4mm;
- 第二冲击载荷下引起的位移平均值小于第一冲击载荷引起的位移值。

6.6 自攻锚栓性能

自攻锚栓的锚固性能尚应符合 JG/T 160 的规定。

7 试验方法

7.1 SC2 类锚栓的基本锚固性能试验应符合 JG/T 160 的规定; SC1 类锚栓的抗震性能试验 (低周反复拉力荷载性能试验及低周反复剪力荷载性能试验) 应符合附录 E 的规定, 其他试验应符合 JG/T 160 的规定。

7.2 各类锚栓的最小边间距试验、安装工艺敏感性试验及自攻锚栓性能试验应符合 JG/T 160 的规定。

7.3 各类锚栓的抗冲击性能试验方法见附录 D。

8 检验规则

8.1 检验分类

8.1.1 制造过程检验

机械锚栓制造过程中, 制造商应对产品进行检验。原材料的化学成分和力学性能应符合 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 3077、GB/T 1220、GB/T 4237、GB/T 14975 和 GB/T 31303 的规定; 锚栓螺杆的最小拉力载荷性能和螺母的保证载荷性能应符合 GB/T 3098.1、GB/T 3098.2、GB/T 3098.6、GB/T 3098.15

的规定，且拉力载荷变异系数不大于 0.05；电镀锌应符合 GB/T 5267.1、GB/T 9799 的规定；热浸镀锌应符合 GB/T 5267.3、GB/T 13912 和 GB/T 19355.2 的规定；粉末渗锌应符合 GB/T 19355.3 和 JB/T 5067 的规定。

8.1.2 出厂检验

8.1.2.1 外观及外形尺寸

机械锚栓成品出厂前，制造商应对机械锚栓成品随机抽样进行外观及外形尺寸检查，抽样数量见表 3。

表 3 出厂外观检验数量

制造商的成品件数	抽查数量
≤100	10
100~500	50
501~2500	100
>2500	200

8.1.2.2 检验项目

机械锚栓成品出厂性能检验项目见表 4。

表 4 出厂检验和型式检验项目

序号	试验项目	出厂检验项目		型式检验项目	
		SC1 类	SC2 类	SC1 类	SC2 类
1	非开裂混凝土上拉伸基准试验	√	√	√	√
2	非开裂混凝土上剪切基准试验			√	√
3	0.3mm 开裂混凝土上拉伸性能试验	√		√	√
4	0.3mm 开裂混凝土上剪切性能试验			√	√
5	混凝土强度适应性试验			√	√
6	极限安装扭矩性能试验			√	√
7	裂缝往复开合拉伸性能试验			√	√
8	0.8mm 开裂混凝土上拉伸性能试验		√		√
9	0.8mm 开裂混凝土上剪切性能试验				√
10	变幅脉动拉伸荷载性能试验				√
11	变幅往复剪切荷载性能试验				√
12	裂缝变幅往复开合拉伸性能试验				√
13	低周反复拉力荷载性能试验			√	
14	低周反复剪力荷载性能试验			√	

注：√表示应进行试验。

8.1.3 型式检验

在核电工程使用的所有锚栓产品均应由国内具有锚栓检验资质的质量监督检验机构进行型式检验，检验项目见表 4。当遇到下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型鉴定;
- b) 正式生产后, 产品的设计、材料、工艺、生产设备、管理等方面改变可能影响产品性能时;
- c) 正常生产后, N类、C类锚栓每3年定期检验, SC1及SC2类锚栓每5年定期检验;
- d) 产品转厂生产或产品停产一年以上恢复生产;
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异的;
- f) 客户或合同要求进行检验的。

8.2 组批

8.2.1 出厂检验

对于非开裂混凝土上拉伸基准试验, 正常生产时, 由材料、工艺、型号、规格、类别、等级相同的以不大于2000件的产品组成一个检验批, 按3%的比例随机抽取样品进行检验, 每个检验批检验样品数不应少于5只。

对于开裂混凝土上拉伸试验, 正常生产时, 由材料、工艺、型号、规格、类别、等级相同的以不大于5000件的产品组成一个检验批, 每个检验批检验样品数不应少于5只。

8.2.2 型式检验

8.2.2.1 材料、工艺、型号、规格、类别、等级相同的产品, 不小于500件为一个检验批, 从出厂检验合格品中随机抽取样品进行检验。

8.2.2.2 检验用锚栓样品应包括锚栓出厂状态时的所有零件, 不随锚栓一起提供的配套零件(如螺杆、螺母、垫片)制造商应对其型号或质量做明确规定。

8.3 判定规则

8.3.1 出厂检验

检验结果如不满足锚栓类别和等级要求, 可加倍取样对不合格指标复检(可将两次试验数据合并, 一起计算变异系数和标准值), 复检仍不满足要求, 则该批产品不合格。

8.3.2 型式检验

检验结果不满足锚栓类别和等级要求时, 可加倍取样对不合格指标复检(可将两次试验数据合并, 一起计算变异系数和标准值), 若复检仍不满足要求, 则判定型式检验不合格。

9 标志、产品说明书

9.1 标志

9.1.1 锚栓主要受力部件显著位置上应有清晰的永久标志, 包括产品型号和制造商标志等信息。

9.1.2 应在每只锚栓上制作清晰的埋入深度标识。

9.2 产品说明书

制造商应提供安装数据的产品说明书, 其内容应包括但不限于以下内容:

- a) 型号、标志、尺寸, 应包括以下内容:
 - 1) 型号;
 - 2) 标志;
 - 3) 锚栓主要尺寸参数, 如螺纹公称直径、有效锚固深度、埋入深度、拉伸应力截面积、受剪部位螺杆和套管截面积。
- b) 主要零件材料牌号、等级或强度、防腐层。
- c) 锚固性能参数, 应包括以下内容:

- 1) 抗拉承载力、抗剪承载力;
- 2) 最小边距、间距;
- 3) 最小基材厚度
- c) 安装要求, 应包括以下内容:
 - 1) 安装工具、钻头直径、钻孔深度、被锚固件厚度、清孔要求等;
 - 2) 安装扭矩或安装位移、安装步骤和注意事项。
- d) 其它, 应包括以下内容:
 - 1) 厂名、厂址、商标、联系方式;
 - 2) 其它必要信息。

10 包装、运输和贮存

10.1 包装

10.1.1 产品应清除污垢及金属屑后进行包装, 在正常的运输和保管条件下, 应保证产品不受损坏和便于使用。

10.1.2 包装箱、盒等表面应明示下列内容:

- a) 厂名、厂址、商标、联系方式;
- b) 产品型号、标志;
- c) 产品数量或净重;
- d) 生产日期或批号。

10.1.3 包装箱或包装盒内应有产品合格证、产品说明书。

10.2 运输

运输过程中应避免雨雪直接侵袭和接触腐蚀性物质, 防止机械损伤。

10.3 贮存

应贮存于正常环境条件的室内。

11 质保要求

11.1 机械锚栓的质保等级应满足使用方要求, 厂家提供的质量保证文件至少应包括以下文件:

- 原材料的复验报告(合格证明);
- 原材料化学成分分析报告;
- 型式检验报告、出厂检验报告;
- 产品说明书、质量保证书、出厂合格证等其他质保文件。

11.2 制造商应对材料采购、制造过程、产品检验、出厂检验各环节进行控制, 并保存质保记录。

11.3 机械锚栓宜通过认证, 认证报告内容可参见附录 F。

附录 A

(资料性)

锚栓类型和锚固破坏形式示例

A.1 锚栓类型示例

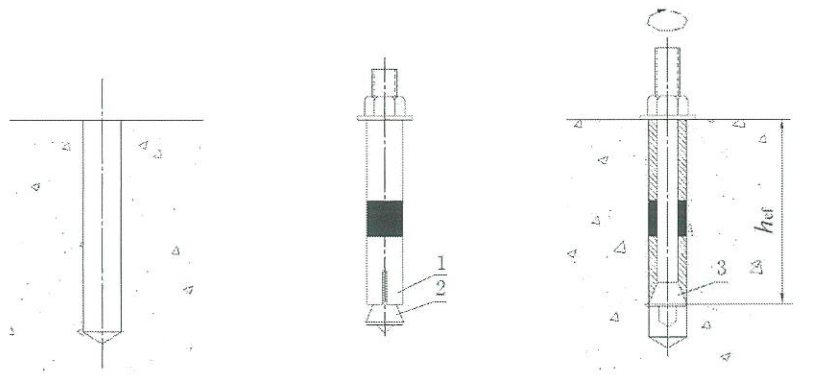
A.1.1 机械锚栓

组成锚栓主体的零件从功能上可分为紧固件（螺杆、螺母、垫片）、锥头、扩张件（扩张套管或扩张片）等，其中螺杆和锥头可以是两个独立零件也可以是一个整体，扩张件可以是下部带有扩张片的套管，也可以是独立的扩张片。

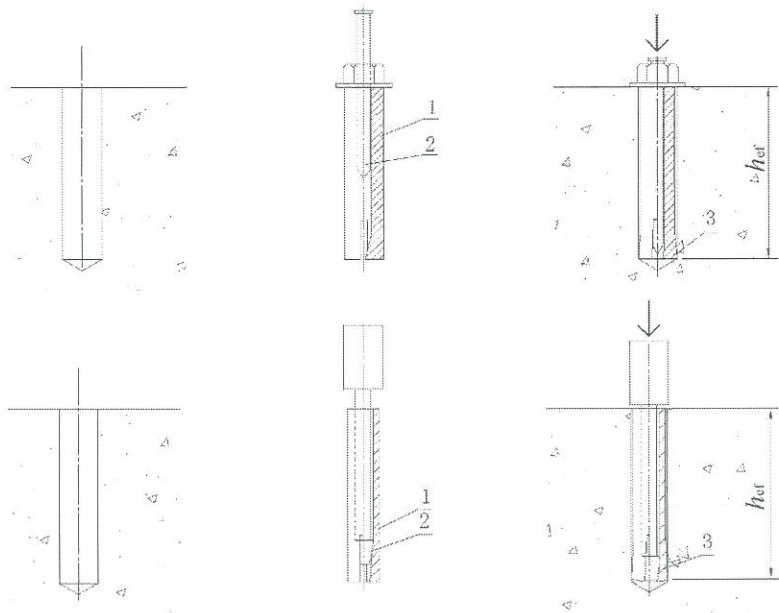
注：锚栓样式繁多，本附录图形仅为示意图，举例说明锚固原理和安装方式，不代表具体产品。

A.1.2 膨胀锚栓示例

通过旋转螺纹或敲击套管或锥头使扩张件与锥头产生相对位移，锥头楔入扩张件使其胀开挤压孔壁产生锚固作用。



a) 扭矩控制膨胀锚栓



b) 位移控制膨胀锚栓

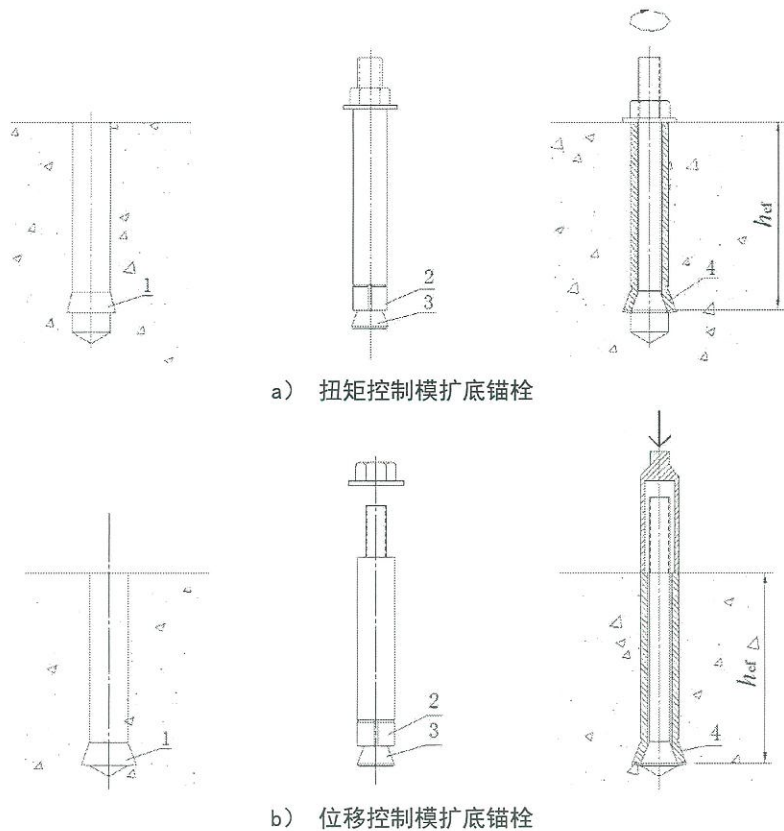
标引序号说明:

- 1——扩张件;
- 2——锥头;
- 3——锥头楔入扩张件;
- h_{ef} ——有效锚固深度。

图 A. 1 膨胀锚栓

A. 1. 3 模扩底锚栓示例

通过旋转螺纹或敲击套管使扩张件与锥头产生相对位移, 锥头楔入扩张件使其张开嵌入到预先扩好的孔中形成锁键。



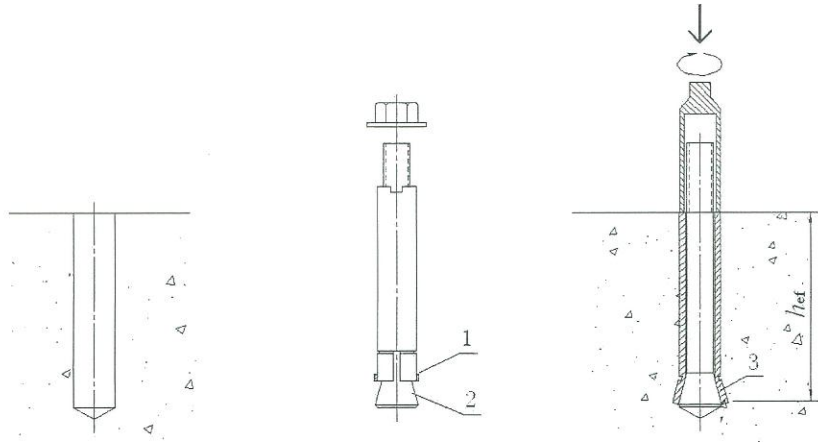
标引序号说明:

- 1——预先扩孔;
- 2——扩张件;
- 3——锥头;
- 4——扩张件张开嵌入扩孔;
- h_{ef} ——有效锚固深度。

图 A. 2 模扩底锚栓

A. 1. 4 自扩底锚栓示例

旋转或敲击套管, 使锥头楔入扩张件使其张开切削扩孔形成锁键, 见图A. 3。或旋转螺纹使锥头楔入扩张件使其张开, 其自带硬质刀刃直接挤压切入孔壁形成锁键, 见图A. 4。



标引序号说明:

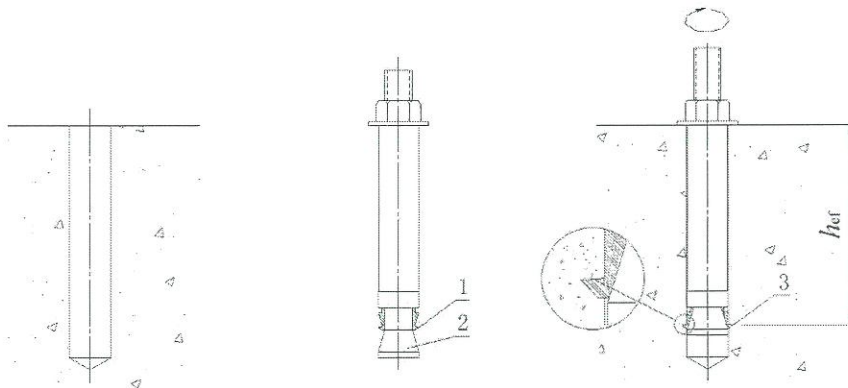
1——带硬质刀刃的扩张套管;

2——锥头;

3——扩张件张开切削扩孔并嵌入孔壁;

h_{ef} ——有效锚固深度。

图 A.3 自扩底锚栓示例 1



标引序号说明:

1——带硬质刀刃的扩张片;

2——锥头;

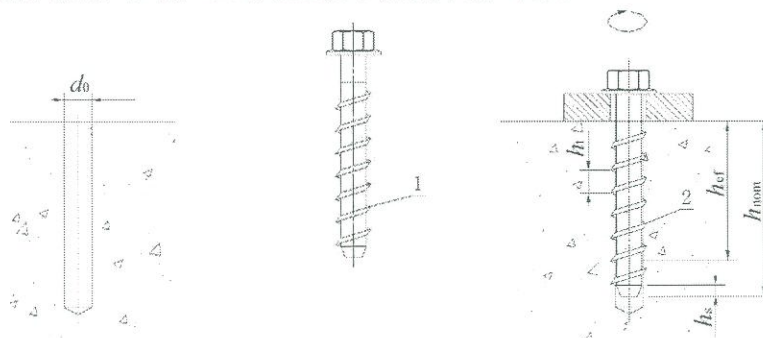
3——扩张片张开刀刃切入孔壁;

h_{ef} ——有效锚固深度。

图 A.4 自扩底锚栓示例 2

A.1.5 自攻锚栓示例

螺杆上带有硬质的螺纹，在拧入直钻孔过程中切削并嵌入孔壁。



标引序号说明:

1——硬质螺纹;

2——螺纹旋转切削嵌入孔壁;

d_0 ——钻孔直径;

h_s ——锥头长度;

h_t ——螺距;

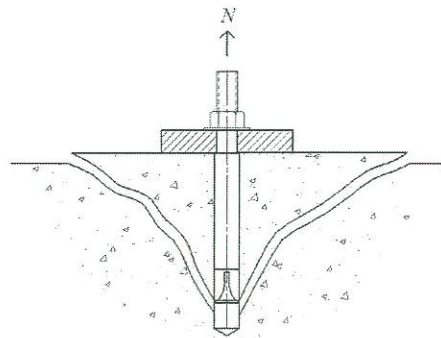
h_{nom} ——螺纹部分长度;

h_{ef} ——有效锚固深度。

图 A.5 自攻锚栓

A.2 锚固破坏形式

A.2.1 混凝土锥体破坏



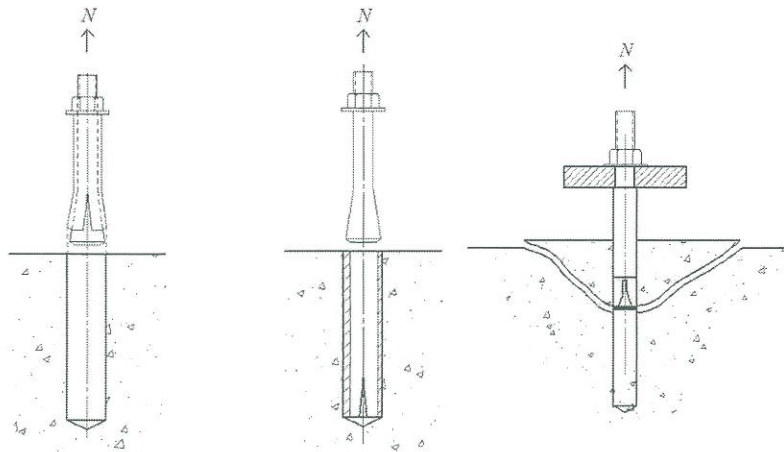
标引序号说明:

N ——锚栓所受拉力。

图 A.6 混凝土锥体破坏示意

A.2.2 拔出破坏

在拉力作用下锚栓向混凝土表面滑移,且承载力明显小于混凝土锥体破坏计算值。



a) 整体拔出

b) 主体拔出

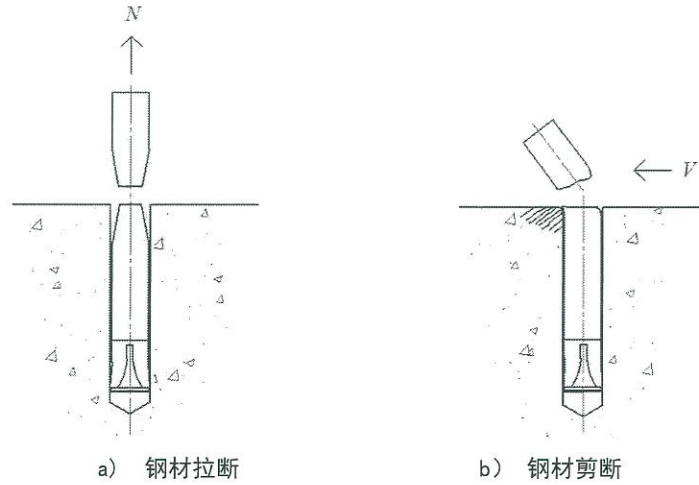
c) 拔出-浅锥体破坏

标引序号说明:

N ——锚栓所受拉力。

图 A.7 拔出破坏示意

A. 2.3 锚栓钢材破坏



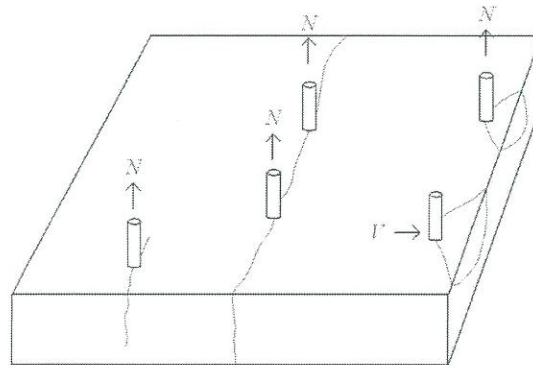
标引序号说明：

N ——锚栓所受拉力；

V ——锚栓所受剪力。

图 A.8 锚栓钢材破坏示意

A. 2.4 混凝土劈裂破坏和混凝土边缘破坏



标引序号说明：

N ——锚栓所受拉力；

V ——锚栓所受剪力。

图 A.9 混凝土劈裂破坏和混凝土边缘破坏示意

附录 B

(规范性)

疲劳性能试验

- B.1 每种型号系列选取 3 个直径规格，每个直径规格随机抽取 3 个试验样品。在立方体抗压强度 30MPa 的非开裂混凝土试件上进行试验，用 d_m 钻头钻孔按产品说明书规定安装锚栓。
- B.2 对安装好的锚栓施加轴向正弦脉动拉伸荷载，正弦脉动荷载频率不应高于 10Hz，循环次数不应少于 200 万次，上限荷载取 0.45N，下限荷载取 0.36N，荷载上限和下限的示值误差不应大于 $\pm 5\%$ 。记录锚栓位移变化趋势。
- B.3 完成脉动拉伸荷载循环后，进行拉伸试验检测剩余承载力。

附录 C

(规范性)

膨胀锚栓、扩底锚栓安装工艺敏感性试验方法和要求

C.1 试验目的

检验锚栓对安装工艺偏差的敏感程度。

C.2 膨胀锚栓安装工艺敏感性试验

C.2.1 扭矩控制膨胀锚栓安装工艺敏感性试验

C.2.1.1 试验条件见表C.1。

表 C.1 扭矩控制膨胀锚栓安装工艺敏感性试验条件

锚栓类别	混凝土试件强度/MPa	钻头直径	裂缝宽度/mm	安装扭矩	最少样品数量
SC1、SC2	60	d_m	0.3	$0.5T_{inst}$	5

C.2.1.2 按JG/T 160中拉伸性能试验方法进行拉伸试验。

C.2.2 位移控制膨胀锚栓安装工艺敏感性试验

C.2.2.1 试验条件见表C.2。

表 C.2 位移控制膨胀锚栓安装工艺敏感性试验条件

锚栓类别	混凝土试件强度/MPa	钻头直径	裂缝宽度/mm	最少样品数量
SC1、SC2	30	d_{max}^a	0.3	5

^a 如果钻孔钻头与扩孔钻头是不同钻头，两种钻头均选用 d_{max} 钻头。

C.2.2.2 使用如图C.1所示的标准击锤，按表C.3中参考膨胀锤击次数和安装膨胀锤击次数的规定进行安装，各不少于5个，按JG/T 160中拉伸性能试验方法进行拉伸试验。

表 C.3 锚栓螺杆规格及标准击锤参数

锚栓尺寸	M6	M8	M10	M12	M16	M20
重量/kg	4.5	4.5	4.5	4.5	15	15
坠落高度/mm	450	450	450	450	600	600
参考膨胀锤击次数	3	5	6	7	4	5
安装膨胀锤击次数	2	3	4	5	3	4

C.3 扭矩控制扩底锚栓安装工艺敏感性试验

C.3.1 试验条件见表C.4。

表 C.4 扭矩控制膨胀锚栓安装工艺敏感性试验条件

锚栓类别	混凝土试件强度/MPa	钻头直径	裂缝宽度/mm	安装扭矩	最少样品数量
SC1、SC2	30/60	d_{max}^a	0.3	$0.5T_{inst}$	5

^a 如果钻孔钻头与扩孔钻头是不同钻头，两种钻头均选用 d_{max} 钻头。

C.3.2 按 JG/T 160 中拉伸性能试验方法进行拉伸试验。

C.4 位移控制扩底锚栓安装工艺敏感性试验

C.4.1 通过敲击套筒实现扩张件张开的扩底锚栓，试验条件见表 C.5，按 JG/T 160 中拉伸性能试验方法进行拉伸试验。

表 C.5 位移控制扩底锚栓安装工艺敏感性试验条件

锚栓类别	混凝土试件强度/MPa	钻头直径	裂缝宽度/mm	安装条件	最少样品数量
SC1、SC2	30	d_{max}^a	0.3	套筒顶端与混凝土或被锚固表面平齐	5

^a 如果钻孔钻头与扩孔钻头是不同钻头，两种钻头均选用 d_{max} 钻头。

C.4.2 通过敲击膨胀锥实现扩张件张开的扩底锚栓，使用标准击锤进行敲击，试验条件见表 C.6，按 JG/T 160 中拉伸性能试验方法进行拉伸试验。

表 C.6 位移控制扩底锚栓安装工艺敏感性试验条件

锚栓类别	混凝土试件强度/MPa	钻头直径	裂缝宽度/mm	标准击锤锤击次数	最少样品数量
SC1、SC2	30	d_{max}^a	0.3	N	5

^a 如果钻孔钻头与扩孔钻头是不同钻头，两种钻头均选用 d_{max} 钻头。

C.4.2.1 将锚栓置于混凝土钻孔内，测量膨胀锥顶端与套管顶端的距离。使用说明书规定的敲击工具按照说明书规定或产品设定敲击膨胀锥，敲击后再次测量膨胀锥顶端与套管顶端的距离，计算敲击前后的变化量，取 5 次试验的平均值作为达到说明书规定或产品设定的安装效果所需的锤击次数。

C.4.2.2 表 C.6 中标准击锤锤击次数按公式 C.1 计算，向下取整，按 JG/T 160 中拉伸性能试验方法进行拉伸试验。。

$$N=N_{max} (N_{inst}/N_r) \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

N ——锤击次数；

N_{max} ——达到说明书规定或产品设定的安装效果所需的锤击次数；

N_{inst} ——表 C.2 中相应规格的安装膨胀锤击次数；

N_r ——表 C.2 中相应规格的参考膨胀锤击次数。

附录 D

(规范性)

抗冲击性能试验

D.1 试验目的

抗冲击锚栓应能够将冲击载荷传递到开裂的混凝土材料上，且应保证没有明显位移。

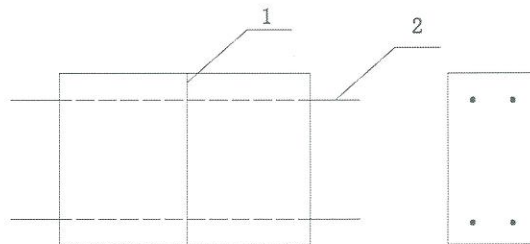
D.2 试验方案

D.2.1 混凝土试件

D.2.1.1 混凝土试件的抗压强度应为 $25\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ 。试件混凝土抗压强度应依据同条件养护的混凝土立方体试块确定，在锚栓试验的同时试压试块强度，如果锚栓试验持续时间较长，应在试验的开始、过程中和结束时分别试压试块强度。当连续两次试压试块强度值差不超过 5MPa ，可取强度的平均值作为试件混凝土抗压强度。

D.2.1.2 锚栓的安装应符合 JG/T 160 和产品说明书规定，在裂缝闭合状态下安装锚栓然后扩展裂缝到要求的宽度 1.0mm 。

D.2.1.3 混凝土试件中可配置受拉钢筋如图 D.1，两侧施加拉力 F 可控制裂缝宽度，但在锚栓周边 $2h_{ef}$ 范围内不应有钢筋。



标引序号说明：

1——试验用裂缝；

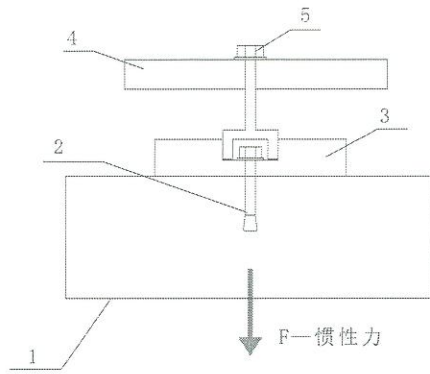
2——受拉钢筋。

图 D.1 开裂混凝土试件示意图

D.2.1.4 钻孔和安装锚栓前，可在裂缝两侧对试件施加适当的压力，使安装锚栓后裂缝仍近似闭合，以此作为初始裂缝宽度，试验中的裂缝宽度是以此初始裂缝宽度为 0 的相对裂缝宽度。

D.2.2 试验装置

D.2.2.1 模拟冲击试验装置应保证锚栓受到固定加速度产生的惯性力作用，可采用图 D.2 的示意。



标引序号说明:

- 1——混凝土块;
- 2——锚栓;
- 3——钢垫板;
- 4——支撑;
- 5——连接件。

图 D.2 模拟冲击试验装置示意图

D.2.2.2 锚栓受到的固定加速度宜采用加速度计进行测试。

D.2.2.3 冲击作用造成的锚栓位移应由位移计测量并记录,用于测试结果的评估。

D.2.3 试验参数

D.2.3.1 锚栓冲击载荷测试,宜测试最小的锚栓尺寸。对于扭矩控制式膨胀锚栓,宜采用 M8 锚栓进行冲击测试;对于套筒型扭矩控制式膨胀锚栓及切底型锚栓,宜采用外径为 10 mm 的锚栓进行冲击测试。

D.2.3.2 冲击试验的混凝土试块质量可采用 25 kg 或 52 kg。不同锚栓采用的混凝土试块质量、加速度及相应冲击荷载可依据表 D.1 取用。

表 D.1 不同锚栓采用的混凝土试块质量、加速度及相应冲击荷载

锚栓类别		M6	M8	M10	M12
扭矩控制式 膨胀锚栓	直径 (d_0 或 d_{nom}) (mm)		8	10	12
	混凝土试块质量(kg)		25	52	52
	试验加速度 (g)		12.5	12	16
	试验冲击荷载 (kN)		3.1	6.1	8.1
套筒型扭矩 控制式膨胀 锚栓及切底 型锚栓	直径 (d_0 或 d_{nom}) (mm)	10	12		
	混凝土试块质量(kg)	25	52		
	试验加速度 (g)	12.5	16		
	试验冲击荷载 (kN)	3.1	8.1		

D.2.4 试验方法

D.2.4.1 锚栓的冲击试验,每个试件应进行 2 次,分别测试混凝土试块的加速度及锚栓的位移。

D.2.4.2 锚栓的冲击试验,试件数宜取为 14 个,没有试件发生拔出破坏,应按照位移测试结果评定锚栓的冲击性能;有 2 个及以上试件发生拔出破坏,应评定为不合格;有 1 个试件发生拔出破坏,应补充试件至 34 个。

附录 E

(规范性)

SC1 类锚栓的抗震性能试验

E.1 低周反复拉力荷载性能试验

E.1.1 每种型号系列选取 3~5 个直径规格, 每个直径规格选取 5 个试验样品。在 C20~C25 开裂混凝土试件上进行试验, 裂缝自然闭合时, 用 d_m 钻头在裂缝平面内钻孔, 安装锚栓。裂缝宽度 0.5mm 时, 以 0.1Hz~5.0Hz 的频率施加单向正弦拉力循环荷载, 加载幅度和循环次数应符合下列规定:

- 第一阶段, 加载幅度为 $0 \sim N_s$, 循环 10 次; 当 0.3mm 开裂混凝土上拉伸试验发生钢材破坏时, N_s 取为 $0.5A_s R_{m,min}$; 当 0.3mm 开裂混凝土上拉伸试验发生其他破坏形式时, N_s 取为 $4.6f_{cu}^{0.5}h_{ef}^{1.5}$;
- 第二阶段, 加载幅度为 $0 \sim 0.50(N_s + N_m)$, 循环 30 次;
- 第三阶段, 加载幅度为 $0 \sim N_m$, 循环 100 次; N_m 取为 $2.3f_{cu}^{0.5}h_{ef}^{1.5}$ 。

E.1.2 低周反复拉力荷载试验波形见图 E.1。试验过程中记录峰值及相应锚栓位移。

E.1.3 完成低周反复拉力荷载试验后, 保持试验后裂缝宽度进行抗拉试验。

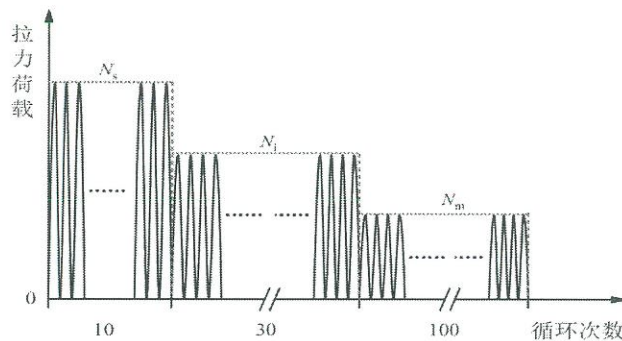


图 E.1 低周反复拉力荷载试验加载波形

E.2 低周反复剪力荷载性能试验

E.2.1 每种型号系列选取 3~5 个直径规格, 每个直径规格选取 5 个试验样品。在 C20~C25 开裂混凝土试件上进行试验, 裂缝自然闭合时, 用 d_m 钻头在裂缝平面内钻孔, 安装锚栓。裂缝宽度 0.5mm 时, 以 0.1Hz~5.0Hz 的频率施加对称正弦剪力循环荷载, 剪力方向与裂缝平行, 加载幅度和循环次数应符合下列规定:

- 第一阶段, 加载幅度为 $\pm V_s$, 循环 10 次; V_s 取为 $0.30A_{sv}R_{m,min}$;
- 第二阶段, 加载幅度为 $\pm 0.5(V_s + V_m)$, 循环 30 次;
- 第三阶段, 加载幅度为 $\pm V_m$, 循环 100 次; V_m 取为 $0.15A_{sv}R_{m,min}$ 。

注: 如果剪切截面包含锚栓外套管, 则 $A_{sv}R_{m,min}$ 改为 $A_{sv,b}R_{m,min} + A_{sv,s}R_{m,s}$, 套管有效抗剪截面积和套管钢材抗拉强度由生产企业提供或测量确定。

E.2.2 低周反复剪力荷载试验波形见图 E.2。试验过程中记录峰值及相应锚栓位移。

E. 2. 3 完成低周反复剪力荷载试验后，保持试验后裂缝宽度进行抗剪试验。

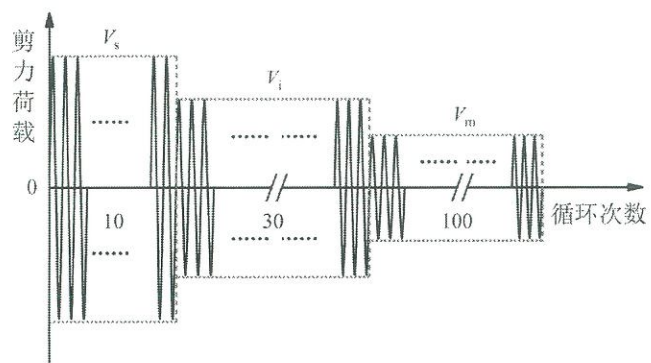


图 E. 2 低周反复剪力荷载试验加载波形

附录 F

(资料性)

机械锚栓认证报告

- F.1 机械锚栓宜进行产品认证，认证模式应为：产品检验+初始工厂检查+获证后监督。
- F.2 产品检验应符合 JG/T 160 的规定，宜采用抽样送检。对于送样送检的产品，第三方认证机构的认证方案中，应针对关键参数增加抽样检测的具体规定。
- F.3 获证后监督，应针对重点参数增加抽样检测的具体规定。
- F.4 机械锚栓认证报告宜包括表 F.4 的内容。

表 F.4 机械锚栓认证报告

序号	锚固性能项目	破坏形式	数据要求	适用锚栓类别
1	非开裂混凝土上拉伸基准试验性能	钢材破坏	$N_{Ru,s}$ 、 v_N	SC1、SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru,m}$ 、 N_{Rk} 、 v_N 、 v_β	
2	非开裂混凝土上剪切基准试验性能	钢材破坏	$V_{Ru,s}$ 、 v_v	SC1、SC2
3	0.3mm 开裂混凝土上拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s}$ 、 v_N	SC1、SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru,m}$ 、 N_{Rk} 、 v_N 、 v_β	
4	0.3mm 开裂混凝土上剪切性能	钢材破坏	$V_{Ru,s}$ 、 v_v	SC1、SC2
5	混凝土强度适应性	钢材破坏	$N_{Ru,s}$ 、 v_N	SC1、SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru,m}$ 、 N_{Rk} 、 v_N 、 v_β	
6	裂缝往复开合拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s}$ 、 v_N 第 20 次循环时的位移最大值， 第 1000 次循环时的位移最大值	SC1、SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru,m}$ 、 N_{Rk} 、 v_N 、 v_β 第 20 次循环时的位移最大值， 第 1000 次循环时的位移最大值	
7	低周反复拉力荷载性能试验*	钢材破坏	$N_{Ru,s}$ 、 v_N	SC1
		其它破坏形式	$N_{Ru,m}$ 、 v_N 、 v_β	
8	低周反复剪力荷载性能试验*	钢材破坏	$V_{Ru,s}$ 、 v_v	SC1
9	0.8mm 开裂混凝土上拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,m}$ 、 N_{Rk} 、 v_N 、 v_β	SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru,m}$ 、 v_N 、 v_β	
10	0.8mm 开裂混凝土上剪切性能	钢材破坏	$V_{Ru,s}$ 、 v_v	SC2

11	变幅脉动 拉伸荷载性能	钢材破坏	$N_{Ru,s}^{\sigma}, \nu_N, \delta_m$	SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru,m}, \nu_N, \nu_{\beta}, \delta_m$	
12	变幅往复 剪切荷载性能	钢材破坏	$V_{Ru,s}^{\sigma}, \nu_N, \delta_m$	SC2
13	裂缝变幅往复开合 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s}^{\sigma}, \nu_N, \delta_m$	SC2
		其它破坏形式	$N_{Ru,m}, \nu_N, \nu_{\beta}, \delta_m$	

